

# 硅烷偶联剂溶液改性花岗岩粗骨料混凝土的抗压强度\*

李毅强 熊光晶 黄满华 张向锋 张辉杭  
(汕头大学土木工程系, 515063)

[摘要] 探讨硅烷偶联剂溶液浓度及其浸泡花岗岩粗骨料的时间对混凝土抗压强度的影响。结果表明, 0.5%浓度的偶联剂溶液和15 min的骨料浸泡时间使混凝土强度提高幅度最大。为研发中等强度、耐久性良好的混凝土提供了一条新线索。

[关键词] 硅烷偶联剂; 花岗岩骨料; 抗压强度

[中图分类号] TU528.1 [文献标识码] A [文章编号] 1001-523X(2005)08-0068-02

## A STUDY OF SILANE COUPLING AGENT MODIFIED COARSE GRANITE AGGREGATE CONCRETE

Li Yi-qiang Xiong Guang-jing Huang Man-hua Zhang Xiang-feng Zhang Hui-hang

[Abstract] The influence of the consistency of silane coupling agent solution and the steeped period of granite aggregates on the compression strength of concrete was studied. Research results showed that the modified concrete with a solution consistency of 0.5% and a steeped period of 15 minutes obtained the most significant increase in compression strength. A new clue, thus, is provided for producing mid-strength and durable concrete.

[Keywords] Silane coupling agent; Granite aggregate; Compression strength

提高量大面广的C30~C50中等强度混凝土的耐久性是实现混凝土工业可持续发展的有效手段, 技术途径是改善骨料/水泥浆体界面层。多数已有改性方法, 主要是提高界面层内各成分间的范德华力。如果能使骨料/水泥浆体界面层产生更多的化学键, 将能大幅度改善混凝土强度和耐久性, 因为化学键键能远高于范德华力。同济大学马一平首先尝试分别用国产KH-550, KH-560和KH-570硅烷偶联剂溶液涂抹大理石(主要成分为碳酸盐)表面, 结果使大理石/水泥浆体界面劈拉强度分别提高57%、69%和84%(而采用大理石包裹低水灰比方案仅提高46%)<sup>[1]</sup>。我们尝试在花岗岩表面涂抹1%浓度的KH-570硅烷偶联剂溶液, 再浇砂浆, 结果显示拉拔强度可提高123%<sup>[2]</sup>, 且破坏主要发生在砂浆与花岗岩本体(图1)。界面破坏形态和拉拔强度的显著提高使我们合理猜测在花岗岩/偶联剂/水泥浆界面层中很可能形成了大量化学键; 并依据偶联剂化学和混凝土材料学初步预测, 在水泥浆活性很强这种特殊情况下, 偶联剂使花岗岩与水泥

浆两种无机材料表面形成的可能是Si-O-Si-O-Si键<sup>[3]</sup>。

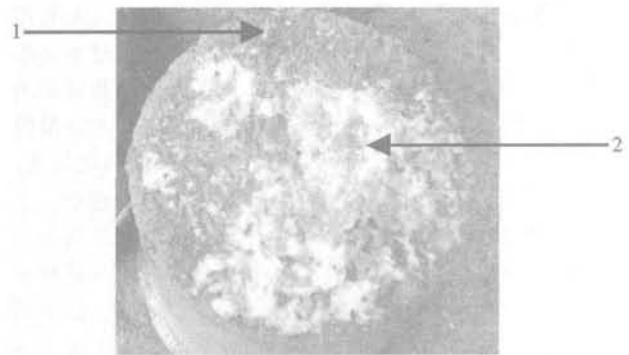


图1 砂浆/偶联剂/花岗岩界面层拉拔破坏形态  
1-脱落的新补水泥浆面; 2-被拨离的花岗岩面

在此基础上, 我们提出用偶联剂溶液浸泡花岗岩粗骨料, 再配制耐久性良好的中等强度混凝土的设想。在探索性实验中, 笔者尝试用1%和2%浓度的KH-570硅烷偶联剂溶液分别浸泡花岗岩骨料( $D_{max} \leq 40$  mm) 15 min、30 min、60 min, 再拌成边长为150 mm的混凝土立方体试块, 进行抗压强度实验。结果显示, 用1%浓度溶液浸泡15 min效果最好, 抗压强度比骨料未经处理的混凝土试块高18%。据此, 笔者提出新的偶联剂溶液

\*基金项目: 国家自然科学基金(50278050)资助

收稿日期: 2005-05-15

作者简介: 李毅强(1979-), 广东中山人, 汕头大学土木系, 硕士研究生。

合理浓度和浸泡骨料的合理时间的研究方案,并先以混凝土抗压强度作为评价指标。

## 2 试验材料及方案

### 2.1 试验材料

采用 525 号普通硅酸盐水泥;中砂,细度模数为 2.54;最大粒径为 40 mm 的花岗岩粗骨料。混凝土的配合比为水泥:砂:石:水=1:1.57:3.66:0.49。南京产 KH-570 硅烷偶联剂配制成 0.3%、0.5%、0.75%、1% 和 1.5% 溶液。

### 2.2 试验方案

如表 1 所示,根据偶联剂溶液浓度和浸泡花岗岩骨料时间的不同,将试件分为 13 组,每组三个试件。如 B1 组表示,花岗岩粗骨料用 0.3% 浓度的偶联剂溶液浸泡 15 min。骨料经偶联剂溶液浸泡后在自然条件下晾干 24 h,再按常规方法搅拌混凝土,并做成 150 mm×150 mm×150 mm 的立方体试件,标准养护 28 d,进行抗压强度实验。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 偶联剂溶液浓度对强度的影响

由表 1 可见,偶联剂溶液浓度为 0.3%、0.5%、0.75%、1% 和 1.5% 时,抗压强度均比对比试件 A1 有较大幅度的提高;其中浓度为 0.5% 时效果最佳,使 B2 抗压强度均值比 A1 高 26%。根据偶联剂作用机理,偶联剂溶液浓度过低,则不能充分包裹骨料表面,减少骨料与水泥浆体之间的偶联作用;而偶联剂溶液浓度过高,则可能使骨料表面形成物理吸附的多分子膜层,而降低界面粘结强度<sup>[4,5]</sup>。

表 1 各种混凝土抗压强度实验结果

试件分类	偶联剂溶液 浓度/%	浸泡骨料时间 /min	强度		
			均值/MPa	方差	相对强度
A1	0	0	39.85	2.15	1.00
B1	0.3		46.30	0.54	1.16
B2	0.5		50.07	1.79	1.26
B3	0.75	15	48.89	9.12	1.23
B4	1		46.85	0.53	1.18
B5	1.5		46.07	7.58	1.16
C1		5	46.15	0.14	1.16
C2		10	45.19	9.23	1.13
C3		15	46.85	0.53	1.18
C4	1	20	48.89	8.53	1.23
C5		25	48.89	1.61	1.23
C6		30	45.22	9.74	1.14
C7		60	41.85	3.10	1.05

### 3.2 骨料浸泡时间对强度的影响

由表 1 可见,就 1% 浓度偶联剂溶液而言,浸泡骨料 5~30 min 均可较大幅度提高混凝土抗压强度;其中浸泡 20(C4)和 25 min(C5)后,混凝土的抗压强度均比对比试件 A1 提高 23%。而 C7 的骨料浸泡时间为 60 min,强度仅提高 5%。原因可能是,浸泡时间过短,偶联剂不能充

分包裹骨料表面;浸泡时间过长,偶联剂溶液中齐聚物增多,将减少偶联作用(发挥偶联作用的主要是单体)<sup>[3,5,6]</sup>。

### 3.3 破坏形态

观察破坏后的立方体试件,对比试件 A1 仅有少量粒径较大的粗骨料发生破坏;而用偶联剂改性的 B2 试件中多数粒径较大的粗骨料发生破坏,表明偶联剂使粗骨料/水泥浆界面性能显著改善。

### 3.4 初步成本分析

KH-570 偶联剂售价为 115 元/kg,配制成 1% 浓度溶液后售价为 1.7 元/kg,根据我们处理  $D_{max} \leq 40$  mm 骨料的经验,处理 1 000 kg 粗骨料(可假定 1m<sup>3</sup> 混凝土用量)需溶液 10 kg(即 17 元)。当然工程应用时还需计算骨料处理前后的人工与机械费,但可预计成本不高。

## 4 结语

用偶联剂浸泡花岗岩骨料再配制的混凝土抗压强度有显著提高,且经济效益良好。改性效果主要取决于溶液浓度和浸泡时间,在本研究范围内,偶联剂溶液浓度为 0.5% 和骨料浸泡时间为 15 min 时效果相对最好。

## 参考文献

- 1 马一平. 提高水泥石-集料界面粘结强度的研究. 建筑材料学报, 1999(2): 29-32
- 2 邹翔,熊光晶. 硅烷偶联剂溶液浓度对新老混凝土粘结界面层拉拔强度的影响. 混凝土与水泥制品, 2003(3): 18-19
- 3 李毅强,熊光晶. 水泥浆/花岗岩的界面偶联机理初探. 华中科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(11): 94-96
- 4 牛红梅,周安宁. 用偶联剂改进填充体系的相容性[J]. 陕西化工, 1997, (2): 12-14
- 5 Plueddemann EP. Silane coupling agent[M]. 1st ed. New York: Plenum Press, 1982: 29-75
- 6 牛光良,王同,翁诗甫,沈德言,徐恒昌. 复合树脂中硅烷偶联剂  $\gamma$ -MPS 水解与缩合机制的研究. 口腔颌面修复学杂志, 2002, (4): 208-211

(上接第 63 页)

整度和传荷能力的主要因素,必须引起重视。混凝土路面在早期养生硬结后,应尽快用切缝机切缝。

填缝料的质量对接缝影响很大,对胀缝应选择密实性好,伸缩性强,使用寿命长的材料,对一般缩缝要求可以低一些。

综上所述,影响水泥混凝土路面平整度的因素很多,但关键在于施工质量。因此,建立健全各项规章制度,落实工程监理承包制度,积极推行全面质量管理方法,促进施工及管理人员对工程质量的重视,召开现场经验交流会,是保证工程质量的有效途径,从而促进平整度指标的进一步提高。